DIE BEWEGUNG DES KIEFERGELENKS BEI AM STERNUM FIXIERTER MANDIBULA IN RÖNTGENKINEMATOGRAPHISCHER DARSTELLUNG

RAINER BRACHMANN

1972

AUS DER NEURORADIOLOGISCHEN ABTEILUNG
(Vorsteher: Professor Dr. K. DECKER)
DER NERVENKLINIK DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN
(Klinikdirektor: Prof. Dr. H. HIPPIUS)

DIE BEWEGUNG DES KIEFERGELENKS BEI AM STERNUM FIXIERTER MANDIBULA IN RÖNTGENKINEMATOGRAPHISCHER DARSTELLUNG

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
verfaßt und
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
RAINER B R A C H M A N N
Zahnarzt aus München

München 1972

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. K. Decker

Mitberichterstatter: Prof. Dr. J. Lissner

Dekan: Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 19. 12. 1972

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Meinen Eltern gewidmet

INHALTSANGABE

A Einleitung

B Anatomie und Physiologie des Kiefergelenks und der Hinterhauptgelenke
1. Anatomie des Kiefergelenks
2. Physiologie und Funktion des Kiefergelenks
3. Anatomie der Hinterhauptgelenke
4. Physiologie und Funktion der Hinterhauptgelenke

C Röntgenologie
1. Radiologie des Kiefergelenkes
2. Radiologie der Hinterhauptgelenke
3. Stellungnahme zur konventionellen Technik
4. Röntgenkinotechnik
5. Versuchsanordnung

D Untersuchung

E Ergebnis

F Zusammenfassung

G Literatur

A EINLEITUNG

Durch die Radiokinematographie ist es uns heute möglich, Bewegungsabläufe im Körper darzstellen. Ebenso lassen sich pathologische Veränderungen, seien sie in den Gelenken oder Gefäßen, besser erfassen und verstehen, als bei den üblichen röntgendiagnostischen Aufnahmen. Diese sind nur Momentaufnahmen und geben somit nur ein Teilbild des gesamten Bewegungsablaufes.

Radiologische Studien der Bewegung des Kiefergelenks beim Kauen, beim Öffnen des Mundes, sowie beim maximalen Öffnen wurden durch vorhergehende Untersuchungen bereits belegt und die Ergebnisse sind bekannt (Gitt, Hilscher).

Der Gedanke lag nahe, die gesamte "Gliederkette" - ein anatomischer Begriff von BENNINGHOFF - röntgenkinematographisch darzustellen. Für diese Studien wurde eine extreme Ausgangssituation gewählt: Es wurde der Unterkiefer am Sternum durch Kopfneigung fixiert. In der gleichen Untersuchungsreihe wurde das andere Extrem, nämlich das Öffnen des Kiefergelenks mit hocherhobenem Kopf dargestellt (Schwarz).

B ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE DES KIEFER- UND HINTERHAUPTGELENKS

1. ANATOMIE DES KIEFERGELENKS

Die röntgenologische Darstellung des Kiefergelenks im Ganzen, als auch sein Einbau im Gesamtschädel setzt genaue Kenntnisse seiner Anatomie voraus.

Das Kiefergelenk besteht aus der Fossa glenoidalis mit dem Tuberculum articulare, dem Processus condyloideus des Unterkiefers, der Gelenkkapsel, dem Discus articularis und den Gelenkbändern. Die Gelenkgrube liegt unterhalb der mittleren Schädelgrube und gehört zur Schuppe des Os temporale. Sie bildet die Pfanne für das Capitlum mandibulare. Nach vorne wird sie von der vorderen Wurzel des Arcus zygomaticus begrenzt und stellt hier das Tuberculum articulare dar. Nach rückwärts und außen bildet die hintere Wand der Jochbogenwurzel die Begrenzung.

Das Gelenkköpfchen des Unterkiefers ist der obere Teil des Processus condyloideus und zeigt sich in seiner Form als quergestellte ellypsoide Walze. An ihm unterscheidet man eine vordere, obere und hintere Fläche.

Die Gelenkzwischenscheibe liegt zwischen der Squama des os temporale und dem Capitulum mandibulare und ist entsprechend der Neigung der Gelenkgrube schräg nach vorne abwärts eingelagert.

Ihre Form ist ungleichmäßig und paßt sich nach oben der Gelenkgrube und nach unten dem Gelenkköpfchen an, so daß sie in der Mitte konkav und am Rande konvex ist. Es sei noch bemerkt, daß das Gelenkköpfchen aus spongiösem Knochen besteht. Dieser ist gegen den deckenden, derben Faserknorpel durch eine dünne Knochenschicht, der Knochengrenzlamelle, abgegrenzt. Die knöcherne Unterlage der Pfanne weist kompakten Bau auf.

Durch den Discus articularis wird das Gelenk in eine obere und untere Gelenkkammer geteilt. Die Gelenkhöhle ist mit einer dickflüssigen Gelenkschmiere (Synovia) ausgefüllt. Mit den Discusrändern verwachsen ist eine schlaffe, weite Gelenkkapsel, die das Gelenk umschließt und an ihrer Aussenseite durch das Ligamentum laterale verstärkt ist. Von der Schädelbasis zum Unterkiefer führen noch akzessorische Bänder: das Ligamentum stylomandiblare und das Ligamentum sphenomandibulare. Sie haben jedoch keine direkte Beziehung zum Kiefergelenk.

Die Inervation des Kiefergelenks übernimmt der Nervus mandibularis mit seinen Ästen: der Nervus auriculotemporalis, Nervus massetericus und Nervus temporalis prof. post.. Der Gelenkast aus dem Gangloin oticum übernimmt die vegetative Versorgung der Gelenkkapsel.

Die arterielle Versorgung des Kiefergelenks erfolgt durch die Arteria auricularis profunda (ein Seitenast der Arteria maxillaris), während die Vena temporalis superior und der Plexus

pterygoideus den venösen Abfluß übernehmen.

2. PHYSIOLOGIE UND FUNKTION DES KIEFERGELENKS

Als einziges Gelenk des menschlichen Körpers ist das Kiefergelenk in der Lage, drei Bewegungsarten auszuführen:

a) Öffnungs- und Schließungsbewegung (Rodentia)
b) Vor- und Rückschieben des Unterkiefers (Carnivora)
c) Seitwärts- und Mahlbewegungen (Omnivoria)

Diese Bewegungen werden durch das abgestimmte Zusammenspiel der Kaumuskulatur mit ihrer Innervierung, den Bestand der occludierenden Zahnreihen und druch das Gelenk selbst bestimmt.

Dem Thema entsprechend soll hier jedoch die komplizierte Führung durch die Zähne (das Artikulationsproblem) außer Betracht gelassen werden.
Beginnt man nun mit der Untersuchung der normalen Öffnungs- und Schließbewegung, so wird man feststellen, daß es sich hier keinesfalls um eine reine Scharnierbewegung mit feststehender Achse durch das Kieferköpfchen handelt. Bei der Öffnung wird die Gelenkscheibe durch die Zugwirkung des äußeren Flügelmuskels nach vorn gezogen. Gleichzeitig dreht sich das Kieferköpfchen in seiner vom Diskus gebildeten Gelenkpfanne. Man kann diese Bewegungsart als Drehgleiten bezeichnen. Die Gleitbewegung erfolgt dabei im oberen, die Drehbewegung im unteren Kiefergelenk. Es ist jedoch auch eine willkürlich reine Scharnierbewegung am

Lebenden möglich, die im Bereich der Incisivi 2,0 - 2,5 cm beträgt, bei weiterer Kieferöffnung bewegen sich aber die Kondylen nach vorne (Posselt).

Über den Verlauf der Gelenkbahn gab HIELSCHER 1961 an, daß die Öffnungsbahnen des Kondylus stets bogenförmig verlaufen. Die nach caudal gerichtete Konvexität wechselt, da sie bei Belastungen kaum merkliche Abflachungen erfährt. Auch sind nach neueren Untersuchungen (ESCHLER 1962) die Bewegungen des Kondylus mit der knöchernen Führungsfläche nicht kongruent, sondern im wesentlichen das Resultat der koordinierten Funktionen der Agonisten und Antagonisten der Kaumuskulatur, über deren nervalen Steuerung (GITT 1970).

Die Vor- und Rückschiebebewegung kann außer Artikulation (bei leicht geöffnetem Kiefer) oder in Artikulation der Zähne vor sich gehen. Im ersteren Fall hat sie nur mimische Bedeutung und pflegt eine Extrembewegung zu sein (Vorschieben um 1/2 - 1 1/2 cm). Im zweiten Falle spielt sie im Bereich der Frontzähne eine wichtige Rolle beim Abbeißen, im Seitenzahnbereich beim Mahlen und Kauen (sagittale Mahlbewegung).
Auch an den Seitenbewegungen sind die Kiefergelenke beteiligt. Nur erfolgen diese nicht gleichartig in beiden Gelenken, sondern völlig asymetrisch. Es handelt sich dabei nicht um eine einfache Parallelverschiebung, sondern um komplizierte Drehbewegungen in einer Transversalebene um eine fast vertikale, durch den Kiefergelenkhals der einen oder anderen Seite gehende Achse. Bewegt man z.B. den Unterkiefer nach rechts, tritt

das Kieferköpfchen der linken Seite aus der Gelenkgrube auf das Tuberkulum und macht eine ausgiebige Bewegung ("wanderndes" Köpfchen) nach vorn, unten und etwas nach innen. Das Köpfchen der rechten Seite ("ruhendes" Köpfchen) dagegen bleibt in der Gelenkgrube und führt nur eine geringe Drehbewegung nach außen aus, so daß sein innerer Winkel etwas nach vorn, der äußere etwas nach hinten geht. Die Bewegung des Gelenkköpfes der Seite, nach der der Unterkiefer seitlich verschoben wird, erfolgt im unteren, die des gegenseitigen oder "wandernden" Köpfchens im oberen Kiefergelenk. Da dieses "wandernde" Köpfchen aber in der Gelenkgrube bleibt, muß eine Schrägstellung oder Verkantung des Unterkiefers resultieren, was auch in dem Lagerungsverhältnis der beiden Zahnreihen zueinander während der Mahlbewegung deutlich zum Ausdruck kommt.

Die Bewegungen des Kiefergelenks werden von den Kaumuskeln ausgeführt. Daneben gibt es noch andere Muskeln, die gelegentlich beim Kauakt helfen, aber noch andere Funktionen haben. Die Mm. masseter, temporalis und pterygoideus mesialis sind Kieferschließmuskel. Der M. pterygoideus lateralis entspringt mit zwei Köpfen, die vor dem Kieferköpfchen miteinander verschmelzen. Nach TEMPLE haben die beiden Anteile verschiedene Funktionen: der obere Anteil tritt hauptsächlich bei der initialen Öffnungsbewegung in Funktion, während der untere mehr für die Stabilisierung und Kontrolle der Bewegung und Position des Kondylus dient und für mahlende und reibende Bewegung im molaren Bereich gebraucht wird.

Auf der reflektorischen Innervation des pterygoideus lateralis beim Impuls zum Mundöffnen beruht das Phänomen, daß der Mund normalerweise nicht geöffnet werden kann, ohne daß die Kieferköpfchen nach vorne rutschen.

Indem der M. pterygoideus lateralis das wandernde Kieferköpfchen nach vorne führt (Vorschubbewegung), dehnt er gleichzeitig den Antagonisten, der in den horizontalen Zügen des M. temporalis der gleichen Seite zu suchen ist.

Die Rückschiebebewegung des Unterkiefers erfolgt also hauptsächlich durch das hintere Drittel des M. temporalis.

Als Öffnungsmuskel kommen neben dem M. pterygoideus lateralis die Mundbodenmuskeln (M. mylohyoideus, M. digastricus, M. geniohyoideus) in Frage. Die Kräfte zur Kieferöffnung sind also viel mannigfaltiger als die Kräfte für den Kieferschluß. Wir können den Schädel gegen den Rumpf fixieren und den Unterkiefer senken. Wir können aber auch den Unterkiefer gegenüber dem Rumpf fixieren und den Schädel im Atlantooccipitalgelenk durch die Nackenmuskulatur nach hinten kippen.

Damit ist schon angedeutet, daß die Unterkieferbewegungen nicht allein von der Kaumuskulatur zu bewältigen sind. Die Kieferbewegungen setzen ein kompliziertes, zentralgesteuertes Zusammenspiel der Hals-, Kiefer- und Nackenmuskulatur voraus, welches teils zum System der metameren Rumpfmuskulatur, teils zum System der Kiemenbogenmuskeln gehört. Sämtliche Muskeln befinden sich in gegenseitiger funktioneller Abhängigkeit. Der Tonus jedes einzelnen Muskels und jeder Muskelgruppe entspricht dem Zustand jeweiliger Kopf- und Kieferstellung. So dient als Ausgangspunkt für eine funktionelle Beurteilung eine Kopfhaltung,

bei der die Ohr-Nasenebene (Camperebene) ungefähr eine Horizontalebene entspricht, wobei die Körperhaltung ungezwungen aufrecht ist. Dieser physiologischen Aufrechthaltung des Kopfes entspricht eine muskulär bedingte Stellung des Unterkiefers, die als physiologische Ruheschwebelage des Unterkiefers bezeichnet wird, Die schwebende Aufhängung des Unterkiefers ist daran zu erkennen, daß zwischen den Okklusionsflächen der oberen und unteren Zahnreihen ein Abstand, der sogenannte Interokklusalabstand, besteht, der für jeden Menschen verschieden ist. Im normalen Gebiß des Erwachsenen beträgt er im Bereich der Sechsjahrmolaren 1 - 3 mm. In der Ruheschwebe besitzen die Kiefermuskeln minimale Spannungszustände. Die Ruheschwebe, respektive der Interokklusalabstand, ändert sich je nach Kopfstellung infolge der funktionellen Zusammengehörigkeit. Der bewegliche Unterkiefer paßt sich durch die Abänderung seiner physiologischen Ruheschwebe in Form von Öffnungsbewegungen (Kopf nach rückwärts) oder Schließbewegungen (Kopf vor), evtl. auch von Vor- und Rückschubbewegungen an die neuen Spannungszustände an, die durch Vor- und Rückneigung des Kopfes gegeben sind.

3. ANATOMIE DER HINTERHAUPTGELENKE

I. Die Wirbelsäule ist mit dem Kopf durch zwei Gelenke verbunden: das Atlantooccipitalgelenk und das Atlantoepistrophalgelenk.

1.) Das Atlantooccipitalgelenk

Es setzt sich aus den konvexen Condyli occipitalis des os occipitale und den foveae articulares superiores des

Atlas zusammen.

2.) Das Atlantoepistrophalgelenk

wird von den beiden Articulationes atlantoaxiales laterales und dem Articulatio atlanto axialis mediane gebildet.

Die paaren Gelenke bestehen aus den kaudalen Gelenkflächen des Atlas und den Facies articulares laterales der Axis. Das mittlere unpaare Gelenk befindet sich zwischen der Fovea dentis des vorderen Atlasbogen und der Facies articularis anterior am Dens des epistropheus.

II. Der Bandapparat setzt sich wie folgt zusammen:

1.) dem ligamentum apicis dentis, einem zarten Bändchen, das von der Spitze des Dens epistropheus zum Os occipitale zieht und eine mehr entwicklungsgeschichtliche, als funktionelle Bedeutung hat.

2.) dem ligamentum cruciforme atlantis, das sich aus dem ligamentum transversum atlantis und zwei schwächeren Längsbändern, den fasciculi longitudinales zusammensetzt. Es zieht vom vorderen Rand des foramen occipitale und vom Körper des Axis an die beiden Massae laterale des Atlas. Außerdem führt es hinter dem Dens epistropheus vorbei und berührt ihn an seiner Facies articularis posterior.

3.) den ligamenta alariae, die sich seitlich am Dens befinden und an der medialen Seite des condylus occipitalis inserieren.

4.) der Membrana tectoria, die eine verbreiterte Fort-

setzung des Ligamentum longitudinale commune dorsale der Wirbelsäule ist.

5.) der Membrana atlantooccipitalis anterior und posterior, die den großen Zwischenraum zwischen Hinterhauptsbein und dem dorsalen Atlasbogen schließen.

Die arterielle und venöse Versorgung erfolgt durch cervicale und intercostale Gefäße, die nervöse durch den Nervus suboccipitalis, dem Nervus occipitalis major und dem Plexus cervicalis.

4. PHYSIOLOGIE UND FUNKTION DER HINTERHAUPTGELENKE

Im Atlantooccipitalgelenk werden hauptsächlich die Vor- und Rückbewegungen des Kopfes ausgeführt, die bei feststehender Halswirbelsäule etwa 25 - 35 Grad erreichen. (Darin steckt auch eine geringe Kippbewegung des unteren Kopfgelenkes).
Im oberen Kopfgelenk sind auch geringe Bewegungen um eine sagittale Achse möglich. Der Atlas wird dann wie eine Schaltscheibe zwischen Hinterhaupt und Axis hin und her geschoben. In beiden Gelenken erreicht diese Bewegung zusammen 10 - 15 Grad.
Im Atlantoepistrophalgelenk finden hauptsächlich die Drehbewegungen des Kopfes statt (30° nach beiden Seiten). Hier dreht sich der Schädel mit dem Atlas um den Dens des Axis.
Die hinteren Kopfgelenke führen also in ihrem Zusammenspiel Nick-, Dreh- und auch leichte Kippbewegungen aus. Diese können durch alle Muskeln hervorgerufen werden, die über sie hinwegziehen, wie z.B. der Sternocleidomastoideus, Longus capitis,

Trapecius, Longissimus. In der Tiefe des Nackens liegt außerdem eine Muskelgruppe (tiefe Nackenmuskeln), die ebenfalls auf die Kopfgelenke einwirken können. Diese Gruppe besteht aus zwei geraden (M. rectus capitis posterior major und minor) und zwei schrägen Muskeln (M. obliquus capitis superior und M. obliquus capitis inferior).

Die beiden Recti wirken auf das obere Kopfgelenk im Sinne der Dorsalflexion des Kopfes, auf das untere Kopfgelenk dagegen drehend.

Der Obliquus capitis inferior wirkt nur auf das untere Kopfgelenk. Er dreht den Kopf nach der gleichen, der Obliquus capitis superior nach der anderen Seite.

Es versteht sich natürlich von selbst, daß alle diese Bewegungen beim gesunden Lebenden immer in Verbindung mit Halswirbelsäulenbewegungen ausgeführt werden (Additionsbewegungen).

C RÖNTGENOLOGIE

1. RADIOLOGIE DES KIEFERGELENKES

Schon seit langem wird das Kiefergelenk radiologisch untersucht, um pathologische Veränderungen in und um das Gelenk aufzuspüren. So werden Luxations- und Subluxationspositionen der Gelenkwalzen als auch Gelenkfrakturen dargestellt. Ebenso kann man die Lagebeziehung der Kondylen während der zentralen Okklusion, beim

Auftreten klinischer Symptome nachweisen. Hierzu wurden im Laufe der Zeit mehrere geeignete Aufnahmetechniken entwickelt:

1.) Die Schädelübersichtsaufnahme

Es handelt sich dabei um eine seitliche Schädelaufnahme, die uns über die Beziehung des Gelenkbereiches zum Gesamtschädel Auskunft gibt.

2.) Die Aufnahme nach PARMA

Die Filmkassette wird bei horizontalem Strahlengang am sitzenden Patienten parallel zur Sagittalebene befestigt. Man erhält eine Nahaufnahme, in der das tubusnahe Gelenk durch Vergrößerung unscharf ist. Da der Zentralstrahl nicht durch die Längsachse des Kondylus geht, werden die Beziehungen zwischen Gelenkgrube und Kondylus nicht sehr klar aufgezeichnet.

3.) Die Projektion nach SCHÜLLER

Hier trifft der Hauptstrahl den Schädel in einem Winkel von 30 Grad etwa eine Handbreit oberhalb des äußeren Gehörganges und ist auf dem Gehörgang des zu untersuchenden filmnahen Ohrs gerichtet. Der Kondylus wurd durch die Pyramidenspitze leicht überlagert, das Köpfchen wird jedoch relativ unverzerrt dargestellt.

Das Bild ist bei der Schlußbißstellung deutlich und verliert bei Öffnungsstellung an Wert, da es durch den inneren und äußeren Gehörgang, die Paukenhöhle und den Labyrinthblock überschattet wird. Man erhält nur bei günstiger Abwinklung exakte Bilder

4.) Die Aufnahmetechnik nach CLEMENTSCHITSCH

Der Strahlengang ist fast transversal in dorsookzipitaler

Richtung. Teile des Kiefergelenks unter dem dichten Os temporale können hiermit frei projeziert werden. Durch das Prinzip der Nahaufnahme werden die störenden Knochen des Gesichtsschädels "bildunwirksam" gemacht.

1941 wiesen MATTIS und HAMMER darauf hin, daß die Schichtaufnahmen bei der Darstellung des Kiefergelenks einiges zu leisten vermögen. 1965 brachte FRÄNKEL eine Arbeit über die Kontrastmittel tomographie. Er konnte durch Injektion eines Kontrastmittels in den Gelenkspalt den Discus articularis gut darstellen.

2. RADIOLOGIE DER HINTERHAUPTGELENKE

Von HADLEY stammt eine eingehende Studie über die röntgenologische Untersuchung der Wirbelsäule. Er befaßte sich unter anderem mit den Problemen wie Krümmung und Abknickung der Halswirbelsäule, ferner mit spontanen Luxationen des Atlas, mit Rotations-, Flexions-, Extension- und Gleitmöglichkeiten.
Das Gebiet um das Hinterhauptgelenk ist röntgenologisch nicht einfach zu erfassen. Es werden hierzu verschiedene Aufnahmetechniken entwickelt:

1.) Die Seitenaufnahme

Es handelt sich hier um eine Fernaufnahme. Der Patient sitzt, der Fokusabstand beträgt mindestens 150 cm.
Diese Aufnahme liefert eine grobe Orientierung z. B. ob schwerwiegende Verlagerungen vorliegen.

2.) Die Fernaufnahme nach OTTONELLO (Vorderbild nach OTTONELLO)

Der Strahlengang verläuft ventrodorsal. Die Aufnahme wird

unter ständiger Bewegung des Unterkiefers gemacht. Hier wird der Atlas, der Zahnfortsatz und Occipito-Zervikalgelenk dargestellt.

3.) Die axiale Schädelaufnahme

Es wird das Foramen occipitale und der vordere Anteil des Atlasbogens dargestellt.

4.) Die bergmatico-occipitale Aufnahme

Sie dient zur Darstellung des hinteren Atlasbogen, der auf das Foramen occipitale projeziert wird und so gut sichtbar ist.

5.) Schüller'sche Projektion

Hier wird der seitliche Atlasbogen dargestellt, indem man ihn auf das Foramen occipitale projeziert.

6.) Das schräge Schichtbild

Es dient ebenfalls zur Darstellung des seitlichen Atlasbogens.

7.) Das seitliche Schichtbild

Es verdeutlicht am besten die atlantooccipitale und atlantoepistrophale Region.

8.) Seitbilder in Flexion und Extension

Hier kann man die Beweglichkeit der Gelenke überprüfen.

3. STELLUNGNAHME ZUR KONVENTIONELLEN TECHNIK

Die normale Röntgenaufnahme ist und bleibt ein sehr gutes Hilfsmittel zur Diagnose von Frakturen, Luxationen, Subluxationen usw. Sie wird also immer ihre Bedeutung bei klarer, feststehender Indikation behalten. Ebenso wird die Tomographie dem

Diagnostiker bei Gebieten, die sich auf der einfachen Aufnahme stark überlagert darstellen, unentbehrlich sein.
Zum Verständnis von Bewegungsabläufen, vor allen Dingen von solchen, die von der Norm abweichen, sollte heute unbedingt das Röntgenfilmen herangezogen werden. Nur so kann man eine sichere Diagnose stellen, ohne den Patienten einer allzu großen Strahlenbelastung auszusetzen, wie es eine längere Durchleuchtung mit sich bringen würde. Der Arzt kann den Film in aller Ruhe und unabhängig vom Patienten beurteilen und besitzt ferner ein Dokument des Krankheitsbildes.

4. RÖNTGENKINOTECHNIK

Durch die Röntgenkinotechnik ist uns heute ein Mittel in die Hand gegeben, das es uns erlaubt, den bestmöglichen Überblick über die Funktionen im Körper zu erreichen. Sie dient sowohl zur Klärung von Bewegungsabläufen in räumlicher und zeitlicher Hinsicht, als auch zur Klärung schneller Abläufe durch zeitgedehnte Beobachtung. Ferner können sowohl sich schnell bewegende, als auch kontrastarme Objekte gut wahrgenommen werden. Ein weiterer Vorteil ist, daß man die Bewegung in Bezug zur Umgebung gut darstellen und verstehen lernt. So auch die Bewegungsabläufe zweier sich ergänzender Gelenke wie das Kiefergelenk und das Atlantooccipitalgelenk.
Es versteht sich von selbst, daß das Filmen, also auch das Röntgenfilmen nur dann zweckmäßig ist, wenn sich das Objekt auch bewegt. Anatomische Einzelheiten sind sinnvoller mit Übersichtsaufnahmen oder Tomogrammen auszumachen.

Für eine Funktionsanalyse ist das Röntgenfilmen zu empfehlen, so z.B. bei Schluckaktstörungen, Oesophagusbewegungen (besonders in Beziehung zur Herzbewegung), bei der Untersuchung von Magen- und Darmbewegungen, ,Stenosen und Lähmungen, bei Herzfehlern, Bei Angiographie, bei Lungenbewegungen (bei Behinderung durch Verschwartung) und natürlich bei der Funktionsanalyse der Gelenke.

Nur durch den Film gelingt es, genau darzustellen, wann, wo, wie und manchmal auch warum Fehlleistungen auftreten, während bei normalen Röntgeneinzelbildern nur die Tatsache einer Fehlleistung festgestellt werden kann. Zu erwähnen ist noch, daß sich bei der röntgenkinomatographischen Untersuchung die morphologischen Einzelheiten besser im Gesamtbild darstellen lassen.

Für unsere Röntgenstudien bedienten wir uns eines von Prof. K. DECKER entwickelten Röntgengerätes, dem Diagnost N. Es handelt sich hierbei um ein Aufnahme- und Durchleuchtungsgerät für die Neuroradiologie und Unfalldiagnostik, bei dem es möglich ist, moderne Untersuchungstechniken am sitzenden oder liegenden Patienten durchzuführen. In unserem Falle saßen die Patienten und wurden im seitlichen Strahlengang aufgenommen. Die Strahlung wurde auf eine Fläche von ca. 100 cm^2 eingeblendet, um möglichst wenig Streustrahlung zu erhalten und um gleichzeitig eine Verbesserung der Übertragungseigenschaften des Bildverstärkers zu bekommen.

Anschließend wurde der Film entwickelt und kopiert und in einem von der Firma ARNOLD & RICHTER hergestellten Betrachtungsgerät,

dem "ARRI-VIEWER" ausgewertet. Beim ARRI-VIEWER ist eine Einzelbild- und Kinodurchlaufeinstellung möglich, die es erlaubt, nach Wunsch verschiedene Phasen im Einzelnen genau festzuhalten und damit auch zeichnerisch darzustellen.

5. VERSUCHSANORDNUNG

A) die verwendete Apparatur und einige physikalische Gesetzmäßigkeiten.

1.) Die Röntgenröhre

Die modernen Röntgenröhren werden mit einem durchschnittlichen Spannungswert von 70 - 100 KV betrieben. In manchen Fällen, bei besonders korpulenten Patienten, kann dieser Wert etwas höher liegen.

Es gibt verschiedene Arten von Röntgenröhren: Hier sei aber nur die Drehanodenröhre erwähnt, eine Röhre, die in guten und leistungsfähigen Röntgenapparaten unentbehrlich ist. Für Röntgenkinoaufnahmen ermöglicht die Drehanodenröhre einen Cinepulsbetrieb durch Gittersteuerung, d.h. eine rasche Ein- und Ausschaltung der Röntgenstrahlung im Rhythmus des Hell- Dunkelsektors der Kamera. Der Puls (5 - 10 msec Dauer) wird hierbei durch den ersten Lichtstrahl ausgelöst, der auf den Hellsektor der Kamera fällt und somit auch die Synchronität gewährleistet. Durch den Pulsbetrieb verringert sich vorteilhaft die Dosis und damit die Strahlenbelastung um 40 %. Durch kurze Belichtungszeiten bei schnellen Bewegungsabläufen erhält man eine geringere

Bewegungsunschärfe und ein besseres Auflösevermögen. Ein weiterer Vorteil ist, daß Unschärfen durch Nachleuchten, welche durch die Trägheit der Röhre bedingt sind, vermieden werden.

2.) Die Röntgenbildverstärkerröhre

Durch diese Röhre erhält man 5-10 000 mal hellere Bilder als am Fluoreszenzschirm. Auch hat man durch sie die Basis geschaffen, die es uns heute ermöglicht, Bewegungsvorgänge auf dem Fernsehschirm darzustellen oder im Film festzuhalten. Es sei hier kurz die Technik des elektronenoptischen Bildverstärkers erwähnt:
das Licht des Röntgenschirms, auf den ein Objekt projeziert wird, löst Elektronen aus einer Fotokathode aus und der Ausgangs- und Beleuchtungsschirm wird dadurch zum Leuchten gebracht. Ein elektronenoptischer Strahlengang verstärkt das Bild. Verschiedene hintereinander geschaltete Elektroden, die immer höhere Spannungswerte besitzen, beschleunigen und fokussieren die Elektronen. Am Betrachtungsschirm wird dann die Elektronenenergie in Licht umgewandelt. Durch den elektronenoptischen Bildverstärker verringert sich die Strahlendosis um 1/60 gegenüber einer normalen Dosis für eine Großaufnahme. Ferner wird die Röntgenröhre geringer belastet, die Bildfrequenz und Szenendauer gesteigert und die Bildschärfe erhöht.
Es kommt also durch zwei Vorgänge zu einer Bildverstärkung:

1. Elektronen werden durch Lichtquanten aus der Kathode herausgelöst und erfahren durch Beschleunigung eine

Energieerhöhung.

2. Die Leuchtdichte wird durch eine elektronenoptische Verkleinerung gesteigert, wobei eine zehnfache Verkleinerung eine hundertfache Steigerung der Leuchtdichte bewirkt.

3.) Die Filmkamera

Es werden heute fast ausschließlich 35 mm Spiegelreflexkameras verwendet. Eine Aufnahmefrequenz von 24 bzw. 25 Bildern in der Sekunde ist für Gelenksbewegungen genügend.

4.) Die Röntgen-Bildverstärker-TV-Kette

Während des Filmes muß gleichzeitig eine TV-Kamera mitlaufen, damit man auf einem Monitor die Szene beobachten und kontrollieren kann. Hierbei ist zu bedenken, daß die Filmkamera mehr Licht als die TV-Kamera benötigt. Durch einen besonderen Spiegel, der den größten Teil des Lichtes zur Filmkamera durchläßt und den Rest zur Fernsehkamera spiegelt, wurde dieses Problem gelöst.

Technische Daten:

Röhrentyp:	Super-Rotalix
Bildverstärker:	Philips 16 cm
Filmkamera:	Arriflex 35 mm
TV-System:	Philips
Röntgenanlage:	Diagnost N
Fokusfilmabstand:	1100 mm
Spannungswert:	70 - 90 KV
Filmmaterial:	Agfa-Gaevaert Gaevapan

D UNTERSUCHUNG

Die Radiokinematographie des Kiefergelenks bei fixierter Mandibula.

Da beim natürlichen weiten Öffnen und Schließen des Mundes der Kopf etwas dorsal bzw. ventral gekippt wird, lag der Gedanke nahe, sich mit den Nebenbewegungen im Atlantooccipitalgelenk und der Halswirbelsäule in Funktion befindlichem Kiefergelenk zu beschäftigen. Unsere Untersuchung sollte sich hierbei speziell auf das Atlantooccipitalgelenk und Kiefergelenk beschränken. Zur klaren Darstellung der Bewegungsabläufe wählten wir eine extreme Ausgangsstellung, die wir durch die Fixation des Unterkiefers gegen das Sternum erreichten.
Die Untersuchung begann damit, daß ein Patient zur Beugung des Kopfes aufgefordert wurde und die Mandibula gegen das Sternum drücken sollte. Nun wurde der Patient gebeten, den Mund zu öffnen, die Mandibula aber in der Ausgangsstellung, also gegen das Sternum gepreßt, zu belassen: Er mußte den Kopf heben.
Nun sollte die Zunge herausgestreckt werden, um eine maximale Öffnung zu erreichen. Anschließend wurde die Bewegung rückläufig gemacht.
Im Einzelnen konnte festgestellt werden, daß zunächst bei Öffnungsbeginn eine Kippbewegung im Atlantooccipitalgelenk und eine Drehbewegung im Kiefergelenk auftrat (da die Mandibula fixiert war, drehte sich die Gelenkgrube um das Gelenkköpfchen). Das Capitulum mandibulare blieb unverändert. Bei weiter Öffnung wurde die Kippbewegung im Atlantooccipitalgelenk verstärkt, ebenso die Halslordose. Das Capitulum mandibulare glitt nach vorne auf das Tuberkulum. Der Mund war offen.

E ERGEBNIS

Obwohl der Unterkiefer am Sternum fixiert wurde und sich somit in einer für die Mundöffnung unnatürlichen Stellung befand, konnte der Patient mit Hilfe der Kopfgelenke den Mund öffnen. Während der Öffnung findet eine Bewegung sowohl in der Halswirbelsäule und dem Atlantooccipitalgelenk als auch im Kiefergelenk statt.

Bei dem Bewegungsablauf hatte man den Eindruck, daß das Capitulum mandibulare beim Öffnungsbeginn durch das Tuberkulum in seiner normalen Gleitbahn gehindert wurde. So entstand eine Scharnierbewegung, bei der, erst als sich der Kopf soweit erhoben hatte, daß der ventrale Rand der Gelenkgrube das Capitulum in seinem Vorgleiten nicht mehr behinderte (ein natürliches nach unten Herausgleiten war ja durch die Fixation der Mandibular nicht möglich), es nach vorne auf das Tuberkulum wanderte, während sich der Corpus mandibulae auf dem Sternum kaum verschob. Man hatte hier den Eindruck, daß fast eine Subluxation des Kiefergelenks erreicht werden kann. Hier gaben die Patienten auch Beschwerden an.

Die Mandibula wird durch das Zusammenspiel sämtlicher, an der Mundöffnung beteiligter Muskeln arretiert. Deshalb erfolgt bei dem Versuch der Mundöffnung der Bewegungsablauf primär über die beiden Occipitalgelenke und sekundär durch eine geringgradige Rotationsbewegung des Kiefergelenks. Bei der darauffolgenden minimalen Entspannung der Mundmuskulatur wird nahezu automatisch eine Vorschubbewegung eingeleitet.

Dies erfolgt durch den M. pterygoideus lateralis. Teile dieses Muskels, der beim Öffnen des Mundes reflektorisch innerviert

wird, ziehen normalerweise die Mandibula nach vorne unten und entlasten somit den Discus und das Tuberkulum. In diesem Versuchsmoment, indem er seine maximale Kraft ausüben dürfte, kann er jedoch nur in eine Zugrichtung, nämlich nach vorne, wirksam sein, da die Richtung nach unten blockiert ist. Man findet hier also folgende Situation: Der Discus und das Gelenkköpfchen werden aus der Gelenkgrube gerade nach vorne gezogen und zwar soweit, wie das Tuberkulum den Weg freigibt. Das heißt, je höher das Tuberkulum nach oben ausweicht, je stärker also die Dorsalneigung des Kopfes ist, desto weiter gekitet das Köpfchen nach vorne. Der maximale Endzustand ist erreicht, wenn der Kopf nicht mehr weiter nach dorsal gebeugt werden kann. Der Discus wird dann zwischen der dorsalen Fläche des Tuberkulum und dem Köpfchen eingeklemmt. Die Strecke, die das Köpfchen zurücklegt, ist natürlcih individuell verschieden. Sie hängt einmal davon ab, wieweit der Kopf zurückgelegt werden kann, zum andern aber auch von der Beschaffenheit des Tuberkulum, das bei dem einen flacher, bei dem andern höher ist. So kann man sich auch vorstellen, daß bei einem Patienten mit einem flachen Tuberkulum ohne weiteres eine Luxation erreicht werden kann. Somit ist auch ersichtlich, daß eine maximale Mundöffnung, wie sie bei nicht fixierter Mandibula erreicht wird, nicht ausgeführt werden kann. Es handelt sich hier also um eine engständige Öffnung mit nahezu maximaler Rollbewegung.

Bei einer maximalen Mundöffnung muß der Unterkiefer auf jeden Fall noch nach unten ausweichen, dies kann aber durch die alleinige Bewegung des Hinterhauptgelenks, auch in Verbindung mit der Halswirbelsäule, nicht zustande gebracht werden. Damit ist auch der Beweis erbracht, daß das Atlantooccipitalgelenk bei den Unterkie-

ferbewegungen ein reines Hilfsgelenk darstellt und nur die primär vom Kiefergelenk ausgeführten Bewegungen unterstützt. (z.B. Gähnen: der Kopf wird in den Nacken gelegt und das Unterkiefer hat volle Bewegungsfreiheit.nach vorne und unten.)
Man kann durch solche einseitigen Bewegungsabläufe eine Funktionsprüfung der einzelnen Glieder der gesamten "Gliederkette" durchführen, wie hier bei Auftreten von Schmerzen bei ungestörter Öffnung und gleichzeitig maximaler Rollbewegung.

F ZUSAMMENFASSUNG

Nach einer kurzen Darstellung der allgemeinen Anatomie und Physiologie des Kiefergelenks und des Atlantooccipitalgelenks wurde näher auf die Röntgenologie dieser Bereiche eingegangen. Bei unserem Versuch sollte gezeigt werden, wie sich das Kiefergelenk und seine Kondylenbahn verhalten, wenn sie passiv vom Atlantooccipitalgelenk, das beim normalen Bewegungsablauf nur als Hilf- und Ergänzungsgelenk dient, bewegt wird. Dies geschah durch die Röntgenkinematographie.

Wir konnten feststellen, daß durch die Bewegung des Atlantooccipitalgelenks in Verbindung mit der Halswirbelsäule eine dem natürlichen Vorgang ähnliche Bewegung ausgeführt wurde. Der Mund konnte geöffnet und geschlossen werden, ebenso konnte wieder zu der maximale Endzustand der Mundöffnung erreicht werden.

Wir führten diese Untersuchungen bei 15 sonst gesunden Versuchspersonen durch, die wegen Kopfschmerzen zur röntgenologischen Untersuchung geschickt worden waren. Interessant wäre es nun, diese Versuche bei Patienten mit pathologischen Veränderungen des einen oder anderen Gelenks weiterzuführen.

LITERATURVERZEICHNIS

Axhausen, G.:
Die Krankheiten der Gelenke.
Allgem. Chirurgie in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, München 1949

Bischoff, K.:
Stand und Entwicklungstendenzen der röntgendiagnostischen Bildinformationstechnik.
Der Radiologe 10, 385-392 (1966)

Brachmann, F.:
Ein Beitrag zur röntgenologischen Darstellung des Kiefergelenkköpfchens.
Zahnärztl. Welt 13 (1950)

Brocher, J.E.W.:
Die Wirbelsäulenleiden und ihre Differentialdiagnose
5. erweiterte Auflage
Thieme-Verlag, Stuttgart 1970

Clementschitsch, F.:
Die Röntgendarstellung des Gesichtsschädels.
Verlag Urban & Schwarzenberg - Wien 1948

Eichner, K.:
Röntgenkinematografische Studien der Bewegungen des Kondylus zahnloser Patienten.
DZZ 22, I 254 (1967)

Fenner, E.:
Elektronenoptischer Röntgenbildverstärker - Kennwerte und Einsatz in der Röntgendiagnostik
Siemens-Zeitschrift 41/9/749-755 (1967)

Frenkel, G.:
Histologische Untersuchungen am Discus articularis
DZZ 20, 6, 616 (1965)

Fröhlich, F.:
Das Bestimmen der horizontalen und vertikalen Kieferrelationen
Praxis der Zahnheilkunde
Band III
Urban & Schwarzenberg - München/Berlin/Wien

Gebauer, Lissner, Schott, O.:
Das Röntgenfernsehen.
Thieme-Verlag, Stuttgart (1965)

Genelin, J.:
Neuere Methoden zur röntgenologischen Darstellung der Kiefer- und Zahnverhältnisse.
Med. Diss. Düsseldorf - 1962

Geyer, M.:
Über die röntgenologischen Untersuchungsmethoden der Kiefergelenke und speziell der Kiefergelenkserkrankungen.
Med. Diss., Berlin - 1961

Gitt, M.:
Die Radiokinematographie des Kiefergelenkes
Med. Diss., München - 1970

Gunkel, A.:
Die radiologischen Untersuchungen der Kiefergelenksfunktion zur Klärung des neuralgiformen Gesichtsschmerzes.
Med. Diss., München - 1968

Hadley, A.L.:
The Spine
Charles D. Thomas Publishers
Springfield 1956

Hielscher, W.:
Zur Kiefergelenksdiagnostik auf röntgenologischem Gebiet unter Zuhilfenahme kinematografischer Studien der kondylären Bewegungsbahn
DZZ 16, 1210 (1961)

Hielscher, W., Frommhold:
Neuere Gesichtspunkte zur Diagnostik der deformierenden Arthopathien
DZZ 17, 362 (1962)

Hinz, P., Plaue, R.:
Die Begutachtung von Schleuder- und Abknickverletzungen der Halswirbelsäule
Aktuelle Orthopädie
Georg Thieme Verlag, Suttgart 1972

Hofer-Reichenbach-Spreter v. Kreudesstein-Wannemacher:
Lehrbuch der klinischen Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde Band 1 und 2.
Joh. Ambrosius Bart-Verlag, Leipzig 1968

Krause, G.:
Zur funktionellen Anatomie des Kiefergelenks.
Med. Diss., Freiburg - 1964

Köhler, A.:
Grenzen des Normalen und Anfänge des Pathologischen im Röntgenbilde des Skeletts.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart - 1953

Mathis und Hammer:
Über die Möglichkeiten der Tomografie in der Stomatologie.
Zuschr. f. Stomat. 1939, 749 (1941)

Parma, C.:
Röntgenographie der Zähne und der Kiefer.
Urban & Schwarzenberg, Berlin und Wien - 1936

Poeschel:
Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen.
Habilitationsarbeit 1945

Posselt, U.:
Studies in the mobility of the human mandible
Acta. odont. scand. 10 suppl. 10 (1952) 19

Puff, A.:
Zur funktionellen Anatomie des Kiefergelenks.
DZZ 18, 1385 (1963)

Scalabrino, F.:
Ein häufiges Leiden: der Kopfschmerz.
Diagnostik und Therapie der Zervicozephalgie
Med. Welt 22 / Heft 52 - 1971

Schmid, F.:
Zur Innervation der Artikulatio temporomandibularis.
Med. Diss., München - 1966

Schwarz, F.J.:
Die Mund- und Kieferbewegungen während des Essens von harten und weichen Speisen in der röntgenkinematographischen und in der gewöhnlichen Filmdarstellung
Med. Diss., München - 1972

Sobotta, Becher:
Atals der deskriptiven Anatomie des Menschen I
Verlag Urban & Schwarzenberg, München-Berlin - 1957

Steinhardt, G.:
Kiefergelenkserkrankungen.
Dtsch. Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde 3, 517 (1957)

Temple, F.J.:
The lateral pterygoid muscle
Store-Kro Club Symposium 1963, 21 Weggis
Switzerland

Voss, H.:
Zur Anatomie und Mechanik des Kiefergelenks
Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde in Vorträgen
Heft 6
Carl Hauser Verlag, München, 1951

Voss, Herrlinger:
Taschenbuch der Anatomie I
Gustav Fischer Verlag, Stuttgart - 1963

Weiskopf, J.:
Die Bedeutung der Bewegungsgeräusche im Zusammenhang mit Bewegungsbahnen beim Öffnen und Schließen als Symptome chronischer Kiefergelenkserkrankungen.
Dtsch. Stomat. 14, 719 (1964)

Ich danke Herrn Prof. Dr. K. Decker für die interessanten Anregungen zum Thema, für die kritische Durchsicht der Arbeit und den großzügig gewährten Arbeitsplatz.

Mein besonderer Dank gilt auch den Mitarbeitern der neuroradiolog. Abteilung der Universitäts-Nervenklinik München für ihre Unterstützung bei der Erstellung der Arbeit.

Lebenslauf

Am 27. August 1945 wurde ich als Sohn des Ord. Universitätsprofessors Dr. Franz Brachmann und seiner Ehefrau Maria Brachmann, geb. Ramlo, in München geboren.

Von 1951 bis 1956 besuchte ich die St.-Anna-Volksschule in München, von 1956 bis 1962 das priv. Realgymnasium Dr. Überreiter in München und von 1962 bis 1966 das Oskar-von-Miller-Gymnasium in München. Dort erhielt ich im Juli 1966 das Reifezeugnis.

Im Wintersemester 1966/67 begann ich das Studium der Zahnheilkunde an der Universität München, wo ich im Oktober 1967 die naturwissenschaftliche Vorprüfung, im Oktober 1969 die zahnärztliche Vorprüfung und im Juli 1972 die zahnärztliche Prüfung mit Erfolg ablegte.